

武蔵野大学学術機関リポジトリ Musashino University Academic Institutional Repository

# VRデータの利活用に向けたVR空間におけるインタラクションデータ取得・分析およびコンテンツ自動生成システムの提案

著者	中村 亮太
雑誌名	武蔵野大学アジアAI研究所紀要
号	1
ページ	55-63
発行年	2020-03-25
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1419/00001121/">http://id.nii.ac.jp/1419/00001121/</a>

[論文]

# VR データの利活用に向けた VR 空間におけるインタラクションデータ 取得・分析およびコンテンツ自動生成システムの提案

## Behavioral Analysis and Automatic Content Generation for Utilization of Virtual Reality Data

中村亮太

### 概要

本研究では X Reality (XR or Cross Reality) 空間におけるデータの利活用と価値の創造に着目している。本稿では XR の中でも VR:Virtual Reality に焦点を当て、VR 空間におけるユーザの行動データやバイタルデータなどの取得・分析システム『VR-Interaction and Cognify』ならびに VR コンテンツ自動生成システム『VR-Creation』のアーキテクチャを提案する。また、本システムの構成要素を具現化した事例として、VR を用いた作業型グループワークコンピテンシー自動評価システムのプロトタイプについて述べる。

### 1. はじめに

変化の激しい社会環境や顧客ニーズに対応するために、様々な分野・産業でデジタルトランスフォーメーションへの取り組みが加速している。このような背景においてデータ収集・利活用が重要であることはいうまでもない。現在、インターネットにおいて GAFA (Google, Apple, Facebook, Amazon) の基盤を支えているのは、それぞれが有する圧倒的な量のユーザデータとそれを独占的に活用できる立場にあるといえる。例えば、2018 年 10 月時点で Google は検索エンジン市場の世界シェア 95.9%, Facebook は SNS 市場の世界シェア 66.8% を占有しているとの報告結果がある[1]。常に製品やサービスの利用状況、利用者データを収集・分析することができれば、異なるニーズを持つ顧客に対して一人ひとり最適化した UX (User eXperience) を提供することが可能である。EC サイトやインターネット広告などのデジタル領域では、早くからこの仕組みを構築し、活用している。そして、現在、スマートフォンなどのモバイルコンピュータで行っているショッピングやコミュニケーションなどは、近い将来、VR や AR (Augmented Reality), MR (Mixed Reality) などの技術を用いた新しいプラットフォーム上で行われる可能性が出てきた。例えば、2020 年 3 月に VR 空間上で情報処理学会のイベントが開催されたことは記憶に新しい[2]。VR 空間でのパネルディスカッションやスライド発表などは、映像で視聴するだけのイベントよりも一体感や臨場感に優れているという意見が多くの参加者から寄せられた。

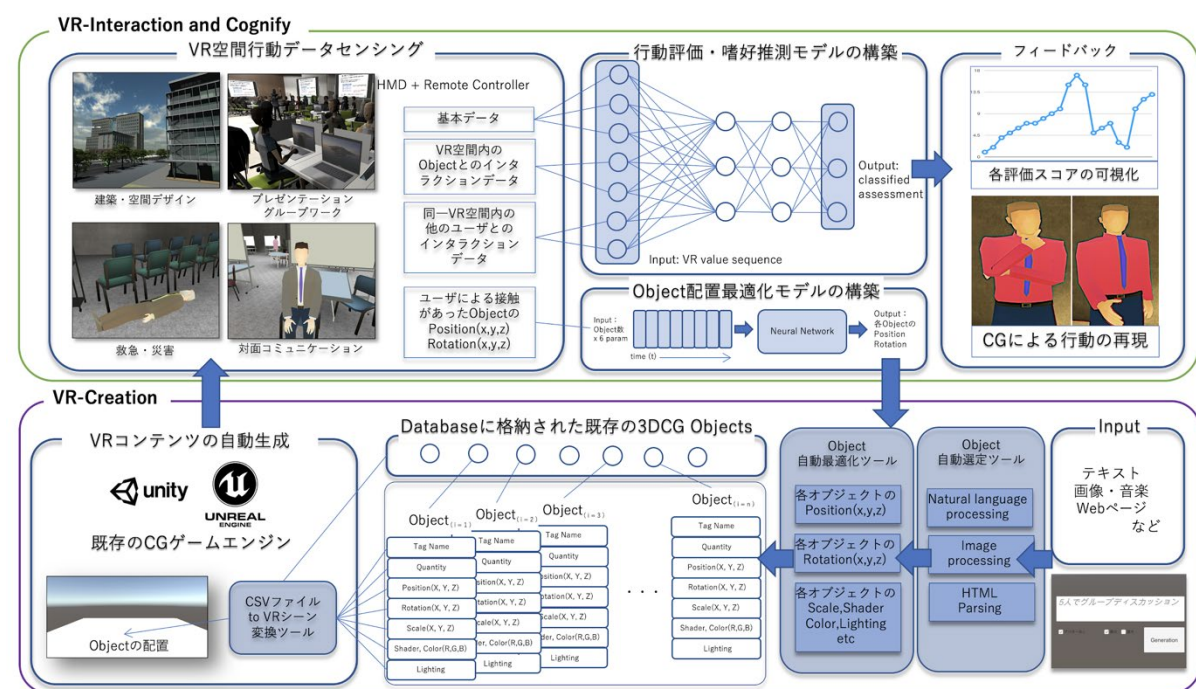


図1 VRデータ利活用システム構成

現在の情報や知識のインターネットは『経験のインターネット』に変わると言われている[3]。つまり経験という単位でデータをダウンロードしたり共有したりようになる。5G（第5世代移動通信システム）による通信の高速・大容量化によって、人々はインターネットで経験データをダウンロードし、VR装置で容易に追体験することができる世界が訪れる可能性が高い。その際にVR空間におけるユーザの行動データはビジネスにおいて従来のWebブラウザ上でのマウス操作などから得られる情報とは桁違いに詳細で価値のあるビッグデータになり得る。

一方で経験のインターネットを実現するためには、多種多様なVRコンテンツが必要であるが、コンテンツ制作には専門的な知識や人的コストが大きいという問題がある。各ゲームエンジン用オンラインショップにある既存のVRコンテンツを統合的に検索できる技術やVRコンテンツを制作支援するためのシステムが必要であると考えられる。

以上のような背景のもとで、本研究ではXR空間におけるデータの利活用と価値の創造に着目している。図1に示すように、本稿では、XRの中でもVRに焦点を当て、VR空間におけるユーザの行動データ取得・分析システム『VR-Interaction and Cognify』ならびにVRコンテンツの自動生成システム『VR-Creation』を提案する。また、本システムの構成要素を具現化した事例として、VRを用いた作業型グループワークコンピテンシー自動評価システムのプロトタイプについて述べる。

## 2. 背景

### 2.1. Virtual Reality の利活用

パーソナルコンピュータは人々の生産性を高め、モバイルコンピュータや IoT はユビキタス『いつでも・どこでも』を実現した。そして VR や AR が『体験』という新たな価値をつくりつつある。VR はすでに様々な産業で利活用が進められ、例えば、業務トレーニングや災害体験、運転シミュレーション、バーチャル店舗回遊などがある。これらはすべて仮想的な体験をユーザに提供するものである。

Walmart Inc や KFC コーポレーションなどの企業では、VR を用いて新人研修や人事評価が実際に行われている。Walmart Inc では、新入社員に対して接客や陳列等の業務を VR の仮想売場で学ばせている。そして単に 3 次元の業務体験によって能力開発の効率・効果を高めるだけにとどまらず、視覚からの様々なインプットで店員がどのように認識するか、また、どのように行動を変化させるかという知見・ノウハウをデータから分析することが試みられている。これは店員の能力開発はもとより、サービス向上、高品質な店舗づくり、告知効果向上など、多様な効果を意図するものと推測される。

VR や MR を用いた避難訓練や消火訓練のシステムが数多く開発されている[4]。例えば、実物の消化器をコントローラとして利用し、キッチン周りの消火活動を想定した仮想体験システム[5]や、12 歳未満の児童を対象にした教育現場での避難訓練において、避難行動の知識の蓄積、意識付けを目指した VR システムがある[6]。これらのシステムの多くには、集団心理行動を考慮し、体験者とは別の行動をとる NCP (Non Player Character) を配置することで、実際の災害対応、避難時に近い環境を再現している。

交通事故の疑似体験として、海野らは道路交通状況でのヒヤリハット体験とその背景にある不安全行動および不安全状態に着目し、自身の行動が他者の交通からどのように見えているかを体験させることで、安全意識の向上や他者への配慮を促せることを試みている[7]。

リハビリを目的とした取り組みとして、松本らは高次脳機能障害者の住宅復帰を支援するために VR 買い物準備ゲームを開発した。神経心理学的検査である標準注意検査法 (CAT) をベースにゲームタスクを設定し、スコアを評価することで被験者の認知機能を定量化することを可能とした[8]。

### 2.2. VR 空間における行動データの取得

VR 技術を医療や介護領域の教育に利用する取り組みも進んでいる。例えば、ベッドからの移乗動作を学ぶ介護訓練 VR システム[9]が開発されている。また、山崎らは高齢者ケアにおける被介護者を 3DCG で表現し、VR 装置を装着した介護者の行動データを収集するシステムを開発した[10]。このシステムでは、介護者は VR 空間を閲覧および発話を記録するための HMD と手・足・体の空間位置をトラッキングするための位置トラッキングセンサーを頭、両手両足、胴の計 5 箇所に装着し、行動データをセンシングすることを試みている。VR 装置を用いることは従来の現実空間における多視点カメラ撮影に比べ、介護動作の把握、特に顔と手の位置・向きに関し

てより精度の高い測定が可能であることを報告している．この研究報告で実践されているように，VR ヘッドマウントディスプレイ（以下 VRHMD）は小型軽量・ワイヤレス化され，ユーザの自由度は高まっている．また，付属のコントローラーやセンサーを用いることで VR 空間上での様々なインタラクションを可能にしている．従来方法では多数のカメラを設置し，画像認識によってセンシングすることが多かったが，大規模なシステムが必要であったり，カメラの死角による測定の制限なども問題があった．また，当然のことながら取得可能な身体・行動データは，現実世界で発生させられるシーンに限定されており，交通事故や災害を再現することは安全面の観点から極めて難しい．

VR 空間における触れる前のインタラクションに着目した研究がある[11]．現実世界においても人は他者が一定の距離まで近づいてくるときに何らかの反応を起こす．対人距離に関する研究は VR 空間でのアバターの振る舞いやロボット型エージェントの動作に多数利用されている[12][13][14][15]．齊藤らはこれらを VR 空間で実現するために対接触前距離の検討と対接触前距離における印象評価を実験した．

### 3. VR 空間行動データセンシングの試行

#### 3.1. VR を用いた作業型グループワークコンピテンシー自動評価システム

グループワークでの作業状況から参加者の積極性や協調性などのコンピテンシーを推定し，評価者の作業支援や参加者の振り返り支援を目的として，VR 空間上でのグループワーク参加者の非言語情報（視線，表情，傾き，手振り，声の大きさ）およびオブジェクト接触行動のデータから，参加者のコンピテンシーを自動評価することが可能なシステム VRGW (Virtual Reality system for automatically evaluating Group Work skills) を提案する．

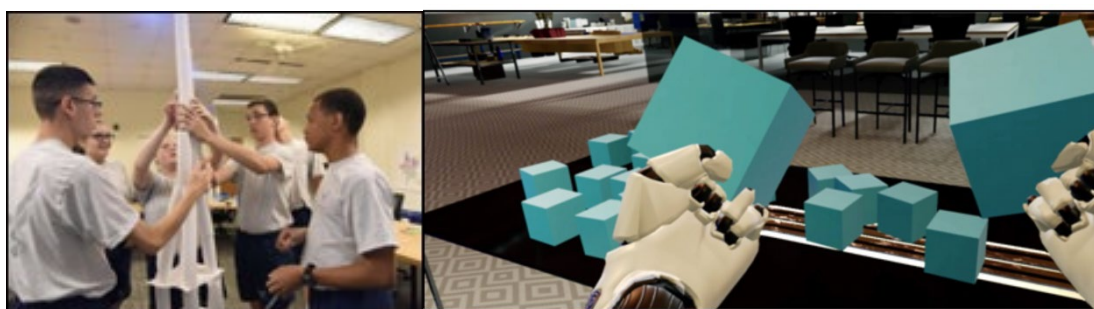


図 2（左）Paper Tower challenge[16] （右）VRGW プロトタイプ実行画面

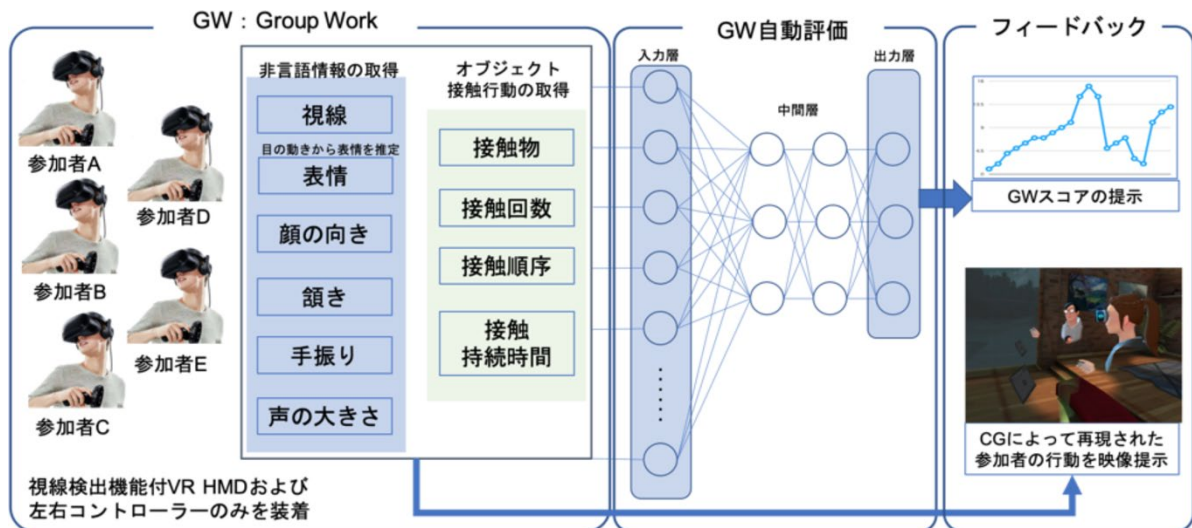


図 3 VRGW のシステム概要図

従来研究では現実空間でグループワーク環境を構築し、複数のセンサやカメラによって参加者の行動データを取得していたが、VRGWでは、参加者全員がVRHMDとリモートコントローラーを装着し、1つのVR空間上でグループワークを実施する（図3参照）。使用するVRHMDは視線検出機能が備わっており、VR空間上の視線方向が分かるだけでなく、オブジェクトに対する注視時間・順序などについても計測可能である。また、リモートコントローラーの操作によって接触したオブジェクトとの情報（接触回数、接触持続時間、接触順序など）も取得することができる。VRGWには、これらの行動データを用いてコンピテンシー[17]（協調性、責任性、行動力、積極性など）を自動的に評価する機能を実装する。さらに、ユーザにコンピテンシーのスコア（時系列変化や総合得点）とアバターによる自身の行動の再現映像をフィードバックする機能も実装する。

### 3.2. グループワークのタイプと関連研究

昨今の大学におけるAO入試や企業における採用試験では、グループワークによる選考を実施するケースが増えている。グループワークでは筆記試験や個別面接では表出しにくい受験者のコンピテンシーを得ることができる。グループワークは2つの型に大別され、プレゼンテーション型と呼ばれる、出題されたテーマに沿ってディスカッションを行い、グループで決めた結論を発表する形式と、作業型と呼ばれる、ある目的を達成するために参加者同士が協力しながら作業を行い、ゴールを目指す形式がある。例えば、「Paper Tower Challenge」と呼ばれる、50枚の紙を用いて10分以内にできるだけ高いペーパータワーを作るというワークが作業型グループワークに該当する。グループワークの評価については同一空間に配置された複数人の評価者が常にグループワーク参加者を観察し、指定された評価指標の元でスコアリングシートに得点や気づいた点を書き留める形式が一般的である。しかしながら、評価者の人数の確保や評価作業の負担、評価者間で発生する評価のばらつきなどに課題があることが報告されており



[18]. 作業型グループワークにおいても参加者のコンピテンシーを評価する支援システムの当情報が待ち望まれている。

会議やディスカッションにおける参加者の行動評価の推定を試みた研究が報告されている。岡田氏らは、プレゼンテーション型のグループワークを対象に、ディスカッションを通じて観測できる参加者個人の発言の仕方/聞き方といった非言語情報と発言内容の言語情報とを組み合わせたマルチモーダル情報から、コミュニケーション能力値を推定するモデルを構築した [19]。本研究の目的や手段に類似する点は見受けられるが、既存手法は本研究が対象としている作業型グループワークに対しては有効でないと考える。その理由の一つとして例えば既存研究では参加者がどのオブジェクトに接触したのかを判別することはできない。

### 3.3. VRGW プロトタイプの実装

本システムはグループワーク参加者全員の頭部に装着する VRHMD と左右両手で持つリモートコントローラー、コンテンツ映像提示と行動データ取得用の PC から構成される。プロトタイプ開発に使用した HTC 製の Vive Pro Eye には視線検出機能が備わっており、VR 空間上での視線方向を検出することが可能である。また、リモートコントローラーの装着により、VR 空間上での両手の三次元位置情報、回転方向(X, Y, Z)についてもデータを取得することができる。その他、インタラクションするオブジェクトの位置や回転方向についてもデータを取得することが可能であり、オブジェクトに対してどのような角度から近づき、どのような視線行動をとったのか、操作によって接触したオブジェクトとの情報（接触回数、接触持続時間、接触順序など）も取得することができる。

グループワーク参加者が一つの VR 空間で協調的なインタラクションを実現するためには、リアルタイムマルチプレイヤーに対応させる必要がある。プロトタイプでは、Photon 社製の PUN(Photon Unity 3D Networking)を使用し、これを実現した。

VR 空間上での視線行動の分析に対しては Tobii 社製の Tobii Pro VR Analytics を利用した。表 1 はプロトタイプによって出力した注視情報のテキストデータ一覧である。注視回数や平均注視持続時間、注視し始めるまでの時間などを出力することが可能である。

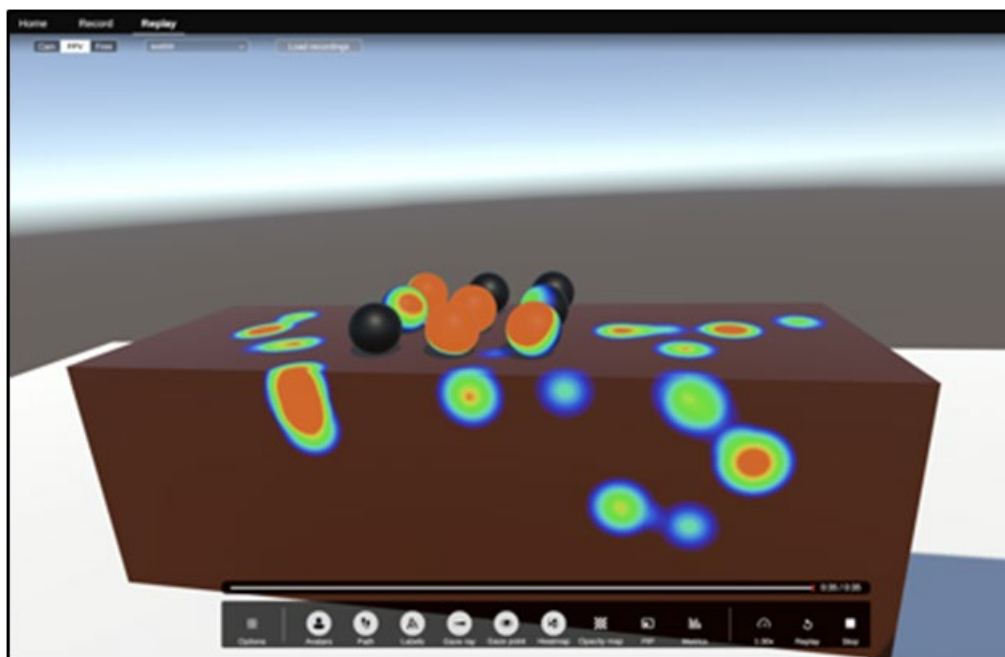


図4 注視情報のヒートマップ例

表1 プロトタイプによって出力された注視情報一覧

RecordingId	Gender	DateRecorded	MetricsType	Interactable Spheres (1)-InteractableSphere (2)	Interactable Spheres (1)-InteractableSphere (7)	DefaultArea-Table (1)	Interactable Spheres (1)-InteractableSphere (6)	Interactable Spheres (1)-InteractableSphere (5)	Interactable Spheres (1)-InteractableSphere (3)	
test009	Female	1/21/2020 6:51 PM	FixationCount	68	16	36	42	2	7	5
test009	Female	1/21/2020 6:51 PM	TotalFixationDuration	8590	3513	7366	7587	536	1191	242
test009	Female	1/21/2020 6:51 PM	AverageFixationDuration	126.32	219.56	204.61	180.64	268	170.14	48.4
test009	Female	1/21/2020 6:51 PM	TimeToFirstFixation	23	57	4090	4602	18073	22682	22785
test009	Female	1/21/2020 6:51 PM	InteractionCount	0	0	0	0	0	0	0
test009	Female	1/21/2020 6:51 PM	TimeToFirstInteraction	0	0	0	0	0	0	0
test009	Female	1/21/2020 6:51 PM	TotalInteractionTime	0	0	0	0	0	0	0
test009	Female	1/21/2020 6:51 PM	FixationToInteraction	0	0	0	0	0	0	0

#### 4. おわりに

本稿では XR データの利活用システムアーキテクチャを提案し、要素技術の一例として、VRGW:VR を用いた作業型グループワークコンピテンシー自動評価システムのプロトタイプについて示した。VRGW によって一つの VR 空間上で複数人の参加者が作業型グループワークに取り組むことができ、参加者の視線や手の動きなどの行動データを取得することが可能となった。VRGW については、AO 入試や採用試験におけるグループワークの人的コストが抑えられるだけでなく、グループワークの自由度が高まる。具体的には、遠隔での参加も可能となるため、試験会場から遠く離れた国内外の参加者も利用できるようになる。また、VRGW をグループワークの評価支援に用いるだけでなく、チームビルディングに用いたり、協調性やリーダーシップを養うためのトレーニングシステムとして利用したりすることも可能である。その他、ものごとを上手く進められるチームとそうでないチームとの間に生じる差の要因分析に用いたり、経済行動学の視点から集団行動分析に応用したりすることも考えられる。今後、人事採用経験者などにグル



ープワークの俯瞰映像を閲覧させ、スコアリングされたコンピテンシー（協調性、責任性、行動力、積極性など）と行動データをもとに教師データを作成し、機械学習によって特徴量を抽出することでコンピテンシー自動評価モデルの構築を試みる。また、ユーザの非言語行動ならびにオブジェクト接触行動の各種パラメータを時系列データとしてサーバPCに蓄積する仕組みを実装する。そして評価実験からシステムの有用性を確認する予定である。

## 参考文献

- [1]. 大和証券, ”GAFA の台頭 世界でデータをめぐる競争が激化 “. [https://www.dir.co.jp/report/research/policy-analysis/human-society/20181116\\_020445.pdf](https://www.dir.co.jp/report/research/policy-analysis/human-society/20181116_020445.pdf), (参照 2020-03-01).
- [2]. 情報処理学会, “先生質問です！公開セッション”. <https://cluster.mu/e/44d18789-8b92-4c30-b72e-1a1d5ac96dfc>, (参照 2020-03-10).
- [3]. Kevin Kelly, ”The Inevitable: Understanding the 12 Technological Forces That Will Shape Our Future“, Penguin Books, (2016).
- [4]. Sho Ooi, Taisuke Tanimoto and Mutsuo Sano, Virtual Reality Fire Disaster Training System for Improving Disaster Awareness, the 2019 8th International Conference on Educational and Information Technology(ICEIT), pp.301-307, (2019).
- [5]. NEC Networks & System Integration Corporation, “VR firefighting training simulator”, [https://www.nesic.co.jp/solution/bosai/vr\\_shouka.html](https://www.nesic.co.jp/solution/bosai/vr_shouka.html), (参照 2020-03-11).
- [6]. 中本, 谷岡, 吉野: VR を用いた被災疑似体験とその対策を繰り返すことによる防災教育システムの提案, 日本災害情報学会, pp.1-2, (2017).
- [7]. 海野, 定國, “VR を用いた道路交通状況における視点交換体験を通じた他者配慮意識の向上”, 情報処理学会インタラクシオン 2020, 1B-55, (2020).
- [8]. 松本, 新妻, “高次脳機能障害者の住宅復帰支援のための VR 買い物準備ゲームの開発”, 情報処理学会インタラクシオン 2020, 1P-75, (2020).
- [9]. 株式会社スリーディー, “介護訓練 VR システム”, [https://www.ddd.co.jp/project/tut\\_kaiigo/](https://www.ddd.co.jp/project/tut_kaiigo/), (参照 2020-03-11).
- [10]. 山崎, 亀山, 佐々木, 坂根, “VR 技術を用いた高齢者ケアシミュレータ: 介護者の行動センシング手法の提案”, 日本バーチャルリアリティ学会, 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 21E-3 (2018).
- [11]. 齊藤, 木本, 飯尾, 下原, 塩見, “VR 空間における触れる前インタラクシオン: 対接触前距離の計測とその応用”, 情報処理学会インタラクシオン 2020, INT20019, (2020).
- [12]. L. Takayama, and C. Pantofaru, “Influences on proxemic behaviors in human-robot interaction,” in Intelligent robots and systems, 2009. IROS 2009. IEEE/RSJ international conference on, pp. 5495-5502, (2009).
- [13]. J. Mumm, and B. Mutlu, “Human-robot proxemics: physical and psychological distancing in human-robot interaction,” in Proceedings of the 6th international conference on

- Human-robot interaction, pp. 331-338, (2011).
- [14]. M. Obaid, E. B. Sandoval, J. Zlotowski, E. Moltchanova, C. A. Basedow, and C. Bartneck, “Stop! That is close enough. How body postures influence human-robot proximity,” in Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), 2016 25th IEEE International Symposium on, pp. 354-361, (2016).
- [15]. S. Rossi, M. Staffa, L. Bove, R. Capasso, and G. Ercolano, “User’s Personality and Activity Influence on HRI Comfortable Distances,” in International Conference on Social Robotics, pp. 167-177, (2017).
- [16]. Official United States Air Force Website, “Junior ROTC cadets attend leadership course” . <https://media.defense.gov/2017/Jul/18/2001779335/780/780/0/170713-F-BD983-139.JPG>, (参照 2020-03-10).
- [17]. 株式会社マイナビ, ” グループワーク選考会 評価マニュアル” . [https://hrd.mynavi.jp/wp-content/uploads/hrd/estimate\\_anual.pdf](https://hrd.mynavi.jp/wp-content/uploads/hrd/estimate_anual.pdf), (参照 2019-10-01).
- [18]. 中切, 橋本, 宮下, 大久保, ” A0・推薦入試を見据えた文系パフォーマンス評価 : パフォーマンス課題「未来の時間割」の実践とコミュニケーション力の評価の分析” , 大学入試研究ジャーナル Vol. 29, pp.85-90, (2019).
- [19]. 岡田, 松儀, 中野, 林, 他, ” マルチモーダル情報に基づくグループ会話におけるコミュニケーション能力の推定” , 人工知能学会論文誌, Vol. 31, No. 6, AI30-E, (2017).